中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）47(1)：28～53（1998）

種子水分含量下降速率之探討[1]

范明仁　魏趨開　許庭榮　黃宜玫[2]

摘要：於農業試驗所國家作物種原中心之乾燥室內（溫度 18～20°C，RH8～10%）進行水稻、玉米、大豆、落花生、田菁、油菜、類地毯草和胡麻等作物種子水分含量下降曲線模式的推測，結果以對數方程式 $y=a+b\ \ln(x)$ 爲迴歸曲線時（其中 x 爲乾燥日數，y 爲種子含水率，a 爲截距，b 爲迴歸係數），可發現利用實測值所推算之迴歸曲線之迴歸係數皆爲極顯著，且決定係數 $R^2>0.8$，證明可以利用此形式迴歸曲線來估算種子含水率在種原中心乾燥室環境下之下降情形。另外，亦採用目前種原中心儲藏數量最多的三種作物—水稻、玉米和大豆爲試驗材料，來推算種子含水率的對數迴歸曲線，進而以統計分析來檢定同一作物各品種間可否合併爲一條迴歸曲線來表示。根據試驗結果可知，當種子初始含水率爲12%時水稻供試品種中秈稻、長粒秈糯、圓秈糯、梗糯和陸稻可以合併爲一含水率下降迴歸曲線：$y=9.1555-1.1898\ \ln(x)$, $R^2=0.9826$，而梗稻則可合併成另一含水率下降迴歸曲線：$y=9.5751-1.12581\ \ln(x)$, $R^2=0.9912$。故迴歸曲線合併與否，可能和水稻品種間種原分類和種子化學成分有關。當種子初始含水率爲16%時，玉米所有供試品種可合併爲一含水率下降迴歸曲線：$y=11.302-1.7182\ \ln(x)$，$R^2=0.9807$。就玉米而言，種子水分含量之下降與品種特性無關。當種子初始含水率爲14%時，大豆供試品種百粒重 5.50～19.11g 間可合併爲一含水率下降迴歸曲線：$y=6.8808-1.1373\ \ln(x)$, $R^2=0.9061$，而百粒重 5.50g 以下則可獨自形成一含水率下降迴歸曲線：$y=7.3667-0.6959\ \ln(x)$, $R^2=0.8439$。此外，百粒重 19.11g 以上亦可獨自形成另一含水率下降迴歸曲線：$y=9.4171-1.7004\ \ln(x)$, $R^2=0.9376$，由此可見種子百粒重會影響大豆品種間含水率下降迴歸曲線可否合併之現象。

關鍵詞：水稻、玉米、大豆、種子含水率、乾燥室、含水率下降迴歸曲線。

前　言

植物種原是發展新作物的主要來源，也是品種改良的基礎。植物種原所具有的遺傳變異乃是作物品種改良的基本動力，作物育種能夠持續的進步發展，端賴廣泛而又豐富的作物種原，否則無法克盡其功。農試所國家作物種原中心保存植物種原的方式乃是以種子保存、無性繁殖作物之異地保存及組織培養方式保存爲主，其中又以種子形式來保存的作物種類最多[2]。種子依儲藏特性不同，可分爲耐儲型（orthodox）和不耐儲型（recalcitrant）兩類種子，耐儲型種子會隨種子含水率和儲藏溫度降低而提高其壽命[14,20]，不耐儲型種子則不耐乾燥[17,18]或不耐低溫儲藏[16]。而本種原中心在種子進入冷藏庫（包括短期庫，中期庫和長期庫）前，必須先在乾燥室進行降低含水量的步驟，這是因爲目前所儲藏的作物種子多屬耐儲型；而且根據 IBPGR（1985）的種原庫種子操作程序也指出，種子儲藏壽

1. 臺灣省農業試驗所研究報告第 1928 號。
2. 本所作物種原室研究員兼主任、助理、約聘技師、約僱人員(民國86年8月底離職)。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

命和種子水分含量關係密切[15]。因此，一般建議種子含水率愈低愈好，但以3～7%最佳。此外，有些作物種子含水率卻不可太乾，太乾時反而可能會造成品質劣化而影響其壽命，例如：水生植物、熱帶果樹的芒果、可可、椰子和波羅蜜，嗜好料類作物的茶和咖啡，以及工藝作物的油桐和橡樹等等[16]。所以 IBPGR (1985) 推薦種子乾燥環境爲溫度 15°C，RH 10～15%[15]；而本種原中心的乾燥室目前則採用溫、濕度各爲18～20°C，RH 8～10%，這是配合本地環境和實際需要所做的調整。

種原中心所保存之種原，原則上是希望種子之活力延長愈久愈好，如此一則可減少繁殖時所耗費之人力、物力；再則，可減少因繁殖所產生之遺傳漂移（genetic drift）。根據 Roberts (1960) 指出：小麥、燕麥、大麥和水稻種子的半活力期（P）之對數與種子含水量呈直線關係[19]。此外，Ellis 和 Roberts (1980) 亦提出同一種作物，不論其基因型或來源，可能存有儲藏壽命的差異，但在相同的儲藏溫度和種子含水率條件下，其存活曲線的斜率相同[9]。但是，若儲藏溫度和種子含水量二值愈大，則會造成斜率變大及種子活力下降加快的趨勢出現。著名的 Harrington 儲藏二訣：「儲藏溫度每降低 5°C，種子含水率每降低1%，則壽命亦加倍」[4]；但是若以大麥種子而言，實際上只在溫度 10～25°C，含水率6～12%時是適用地，若超出此一溫度和相對溼度範圍外，則種子壽命的預估仍需要作重新檢測，方能符合實際種子衰變現象。國家作物種原中心內，種子儲藏庫爲長期庫－12±2°C，中期庫爲 1±2°C，因此溫度條件爲一定，但包裝容器皆爲密閉及不透水材質，故影響種子壽命最重要的條件爲入庫儲藏時種子含水率。根據 Ellis 和 Roberts (1980) 所提出來預測種子壽命的種子改良活力方程式中，亦提及影響種子活力老化的因素爲起始活力，儲藏時間及儲藏條件（包括儲藏溫度和種子含水率）[3,9]。由於本種原中心的種子儲藏條件中的溫度保持不變，故在種子入庫儲藏前需將種子之水分含量調整至最適狀態，以期種子的儲藏壽命能最長[8]。然而，目前測量種子含水率的方法皆爲破壞性方法，同時在爲將含水率降低至最適狀態可能需要測量數次後才能達到。這對於數量少而且珍貴的種原而言，這種做法並不恰當，故需建立各種作物的種子含水率下降迴歸曲線，以作爲推算乾燥種子至最適含水率所需時間之根據[15]。IBPGR (1985) 提出種子乾燥曲線是以對數形式下降，直至達到平衡水分含量；而且同一作物不同種間，乾燥速率大致相同，故可用平均乾燥曲線來預估種子水分含量[15]。

本研究乃是先利用水稻、玉米、大豆、花生、田菁、胡麻（芝麻）、油菜和類地毯草八種作物的種子，進行乾燥室環境下種子含水率下降迴歸曲線的對數曲線形式之檢定；這一試驗目的乃是根據八種供試作物在乾燥室乾燥期間，種子含水率下降的變化趨勢，用以確定採用對數形式的種子含水率下降迴歸曲線是否可行，並以決定係數來判斷是否合適。其次，則在迴歸曲線的形式確立後以種原中心目前儲藏量較大的水稻、玉米和大豆三種作物之種子，進行同一作物不同種間的含水率迴歸曲線轉換爲迴歸直線後之相等性檢定，以檢測同一作物各品種間是否可共用一條含水率迴歸曲線，或是各品種間要依某種特性來區分數群，而後再分別合併出數條含水率迴歸曲線，目的則是在確實求出水稻、玉米和大豆的含水率下降迴歸曲線，以供國家作物種原中心乾燥室作業流程之實際應用。

材料與方法

首先，進行不同作物間種子水分之乾燥試驗，此試驗使用的八種試驗材料分別爲水稻、玉米（由農試所農藝系提供）、落花生（由臺南區農業改良場提供）、大豆（由亞蔬中心提供）、田菁、油菜、類地毯草和胡麻（由種子行購得）的種子（表１）。試驗的方法乃是先測定種子的含水率和百粒重（以種子含水率13%爲計算標準），而後根據種子乾燥試驗結果，將種子含水率下降實測曲線求出，並將種子含水率下降的實測值，經 SAS 分析後得到對數形式的種子含水率下降迴歸曲線。此外，

再進行同一作物不同品種間種子水分之乾燥試驗，這試驗所使用的三種試驗材料分別爲水稻、玉米（由農試所農藝系提供）和大豆（由亞蔬中心提供）的種子（表２）。試驗的方法也是先測定種子的含水率和百粒重（以種子含水率13%爲計算標準），而後根據種子乾燥試驗結果來統計分析，並將對數形式的種子含水率下降迴歸曲線求出。再將這些迴歸曲線轉換成直線方程式以進行同一作物不同品種間種子含水率下降直線方程式的斜率和截距之相等性比較，用以確定不同品種間，種子含水率下降迴歸曲線可否合併。若品種間可以合併，則以實測資料的平均值來求其種子含水率下降的合併迴歸曲線；若不可以合併，則以學生氏 t 值來檢定任意兩品種間差異，以分析出品種間的分群組合；再將分群後的品種組合進行上述種子含水率下降直線方程式的斜率和截距之相等性比較，以求出確實可行的種子含水率下降之合併迴歸曲線(1)。所有試驗的檢測項目及其過程，如下列所示：

表 1. 水稻、玉米、大豆、落花生、田菁、油菜、類地毯草和胡麻等不同作物種子於種原中心乾燥室水分平衡的結果（濕基）

Table 1. Seed moisture content among different crops, containing rice, corn, soybean, peanut, sesbania, rape, carpetgrass and sesame, at equilibrium with air in the drying room of NPGRC.

作物名稱 crop name	百粒重（g） 100-grain weight(g)^z	初始含水率 initial M.C.	乾燥日數（天） drying time(day)	含 水 率 M.C.
落花生（臺南12號）	72.70	10.8%	7	2.458%
玉米（臺南17號）	23.20	15.3%	22	6.335%
大豆（臺農 4 號）	19.40	15.1%	18	4.278%
水稻（臺農69號）	2.60	14.6%	19	5.911%
田菁	1.70	18.2%	17	4.490%
胡麻	0.34	8.5%	6	2.546%
油菜	0.23	11.3%	16	2.981%
類地毯草	0.13	14.0%	10	5.584%

^{z} The 100-grain weight of seeds was based on 13% of moisture content.

表 2. 不同品種間種子水分乾燥試驗的試驗材料一水稻，玉米和大豆的供試品種名稱，百粒重和特性資料

Table 2. Variety name, 100-grain weight and characteristic data of different varieties of rice, corn and soybean inducted in seed moisture content assay.

水稻（*Oryza sativa*）		
品種名稱 variety name	百粒重(g) 100-grain weight^z	類型 type
臺農 2 號	3.20	陸稻
臺農秈糯 2 號	2.90	長粒秈糯
臺秈 1 號	2.70	秈稻
臺稉糯 1 號	2.70	稉糯
臺稉 4 號	2.70	稉稻
臺農67號	2.60	稉稻
臺農38號	2.60	稉稻
臺秈糯 2 號	2.20	圓秈糯

（續表 2.）

玉米（*Zea mays*）		
品種名稱 variety name	百粒重(g) 100-grain weight	特性資料 description
臺中白皮	39.85	綜合品種、蠟質種、糯性
臺農 1 號	28.58	單雜交品種、馬齒種、子粒橘黃
臺南12號	21.80	雙雜交品種、硬粒種、中熟
臺南 5 號	21.10	雙雜交品種、馬齒種、早熟
臺農351號	16.59	單雜交品種、硬粒種、子粒橘紅
pop-corn	16.58	爆裂種、子粒有 rice 和 pearl 兩型

大豆（*Glycine max*）		
品種名稱 variety name	百粒重(g) 100-grain weight	特性資料或來源 description/source
90-F-3	30.42	亞蔬中心提供
臺農 4 號	19.11	種皮淡黃、中熟、雜交育成
PI253663	14.99	亞蔬中心提供
112-1〔G02244〕	11.27	亞蔬中心提供
1391O.B.B.	6.71	亞蔬中心提供
D-69-1423	3.56	亞蔬中心提供

[z]The 100-grain weight of seeds was based on 13% of moisture content.

一、含水率之計算方法

以種子含水之重（溼基）爲分母，其內含之水重爲分子。即含水率%＝〔（種子內含之水重)／(種子內含之水重＋種子水分外之其他物質重)〕×100%，所得爲濕基的含水率。

二、種子加濕處理

爲使受測種子樣品的種子水分含量一致，且由高含水率開始下降，先將種子以塑膠網袋或信封袋包裝，放在密閉容器內（直徑 29cm，底座高 21cm，下層置水），置於 20°C 下，使種子吸溼10天。再取出測起始含水率及100粒種子重，各 4 重覆。

三、初始含水率測定

一般作物若種子比稻種子大者則需磨成粉狀，需磨粉時將材料約取 5g 以磨粉機（佑崎機械公司，DM-6 粉碎機）粉碎10秒，稱空瓶之重量（W_0），放入材料，再稱含瓶溼重（W_1），將稱量瓶（玻璃瓶身及瓶蓋，直徑 4.0cm，高 5.2cm，重約 45g）之瓶蓋打開後放到烘箱（Memmert® Modell 500型）以 104°C，24小時烘乾後，蓋上瓶蓋取出放到密閉容器（直徑 29cm，底座高 21cm，下層放藍色矽膠）。回溫15分鐘後，稱含瓶乾重（W_2）。不磨粉的材料除不磨粉外，其餘方式相同，各材料重覆 4 次。

$$\text{初始含水率\%}=\frac{\text{含瓶溼重}(W_1)-\text{含瓶乾重}(W_2)}{\text{含瓶溼重}(W_1)-\text{含瓶重}(W_0)}\times 100\%$$

四、種子百粒重測定

全部供試作物品種之種子，以方法 2 及 3 算出之起始100粒種子重及起始含水率，再換算成13%含水率時的種子百粒重。

五、含水率下降的實測曲線

含水率下降的實測曲線，設定X軸爲時間，Y軸爲種子含水率。在種子吸溼後，每份材料各取10g，6 重覆，以紙袋裝，放於塑膠盤上，移入國家作物種原中心之種子乾燥室，溫度 18～20°C，相對溼度8～10%，空氣之置換比率爲 $2m^3/min$。開始時每隔 6 小時稱重一次，並計算和上次重量之差。如果連續二次稱重後的重量差值，不到第一次差值的一半時，測定的時間增加一倍，即12小時，同樣每12小時稱重後之重量差值，有二次不到以12小時第一次稱重差值的一半時，測定的時間再增加一倍，即24小時，以此類推，2 天、4 天、8 天測一次，直到需16天測一次時停止。稱重時，將種子自紙袋倒在塑膠盤內再以電子天秤稱重。

六、測定實測曲線過程之含水率換算

第 i 次稱重後之重量（Wi）和起始稱重之重量（Wo）之差值，即爲減少的重量，（Wo－Wi）視爲種子減少的水分。起始含水率爲 WCo(%)，第 i 次稱之重爲 Wi(g)，起始稱之重爲 Wo(g)

$$\text{第 i 次時之含水率}\% = \frac{Wi - [Wo \times (100 - WCo)\%]}{Wi} \times 100\%$$

七、含水率下降的合併迴歸曲線

利用 SAS 軟體來分析種子乾燥試驗的乾燥日數及其含水率資料，以求得作物各品種之含水率下降迴歸曲線（對數形式）。進而將其轉換成迴歸直線方程式（將含水率下降迴歸曲線的 log(x) 值和 log(y) 值分別轉換爲迴歸直線方程式之X值和Y值），以進行數條直線方程式之迴歸係數和截距的相等性檢定，做爲判斷同一作物各品種間的含水率迴歸曲線可否合併的根據。若可合併，則取平均值，求其平均含水率曲線，若不可合併則以學生氏 t 值檢定來將同一作物各品種間分群，再分別依據各群進行迴歸直線相等性檢定和迴歸曲線之合併(檢定方程式由臺灣大學農藝系沈明來教授提供)[1]。

結　　果

一、不同作物間種子含水率下降速率

進行不同作物間種子含水率下降的試驗材料，依據百粒重由大而小分別爲落花生（臺南12號）72.70g，玉米（臺南17號）23.20g，大豆（臺農 4 號）19.40g，水稻（臺農69號）2.60g，田菁 1.70g，胡麻 0.34g，油菜 0.23g 和類地毯草 0.13g（表 1）。結果，根據於種原中心乾燥室內進行種子含水率下降試驗之乾燥日數和含水率資料，經 SAS 軟體分析後，可得其含水率迴歸曲線（對數形式），依次爲落花生 $y=6.6286-1.9602\ln(x)$，$R^2=0.9587$；玉米 $y=12.474-1.9139\ln(x)$，$R^2=0.981$；大豆 $y=11.224-2.405\ln(x)$，$R^2=0.9701$；水稻 $y=12.139-2.0923\ln(x)$，$R^2=0.9806$（圖1-A）；田菁 $y=12.818-2.9293\ln(x)$，$R^2=0.9714$；類地毯草 $y=10.507-2.0638\ln(x)$，$R^2=0.8159$；油菜 $y=6.4629-1.2836\ln(x)$，$R^2=0.8564$；胡麻 $y=4.6468-1.0196\ln(x)$，$R^2=0.8704$（圖1-B）。依據這八種作物的含水率迴歸曲線，可發現落花生、玉米、大豆、水稻和田菁五種作物的對數形式之迴歸曲線 R^2 均大於0.9，而類地毯草、油菜和胡麻三種作物的迴歸曲線 R^2 亦可達0.8以上（根據決定係數顯著性檢定可知，$R^2>0.67$ 表示顯著，$R^2>0.84$ 表示極顯著）。因此，採用對數形式來探討種子含水率下降迴歸曲線是合適地，故採用此形式之含水率下降迴歸曲線，可以作爲在國家作物種原中心乾燥室內預測作物種子乾燥至最適含水率所需之日數。

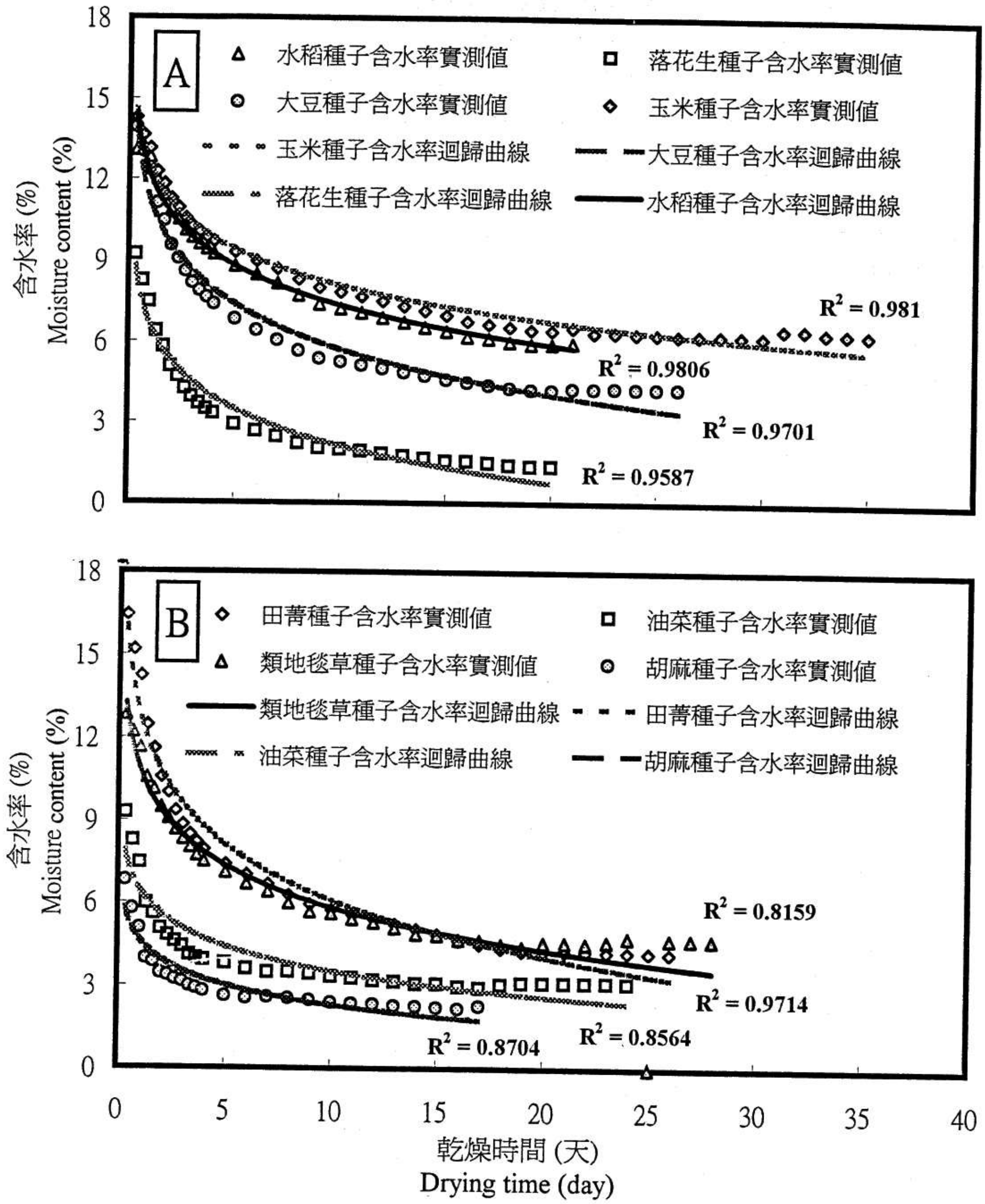

圖 1. 落花生、玉米、大豆、水稻、田菁、胡麻、油菜和類地毯草種子置於乾燥室後種子含水率的變化趨勢

Fig. 1. The changes in seed moisture content of peanut, corn, soybean, rice, sesbania, sesame, rape and carpetgrass seeds after placed in the drying room of NPGRC. (Regression curve model：

A：□peanut: $y=6.6286-1.9602\ln(x)$, ◇ corn: $y=12.4740-1.9139\ln(x)$
○soybean: $y=11.2240-2.4050\ln(x)$, △ rice: $y=12.1390-2.0923\ln(x)$

B：◇sesbania: $y=12.8180-2.9293\ln(x)$, △ carpetgrass: $y=10.5070-2.0638\ln(x)$
□ rape: $y=6.4629-1.2836\ln(x)$, ○ sesame: $y=4.6468-1.0196\ln(x)$)

二、同一作物不同品種間種子含水率下降速率

探討不同品種間種子含水率下降速率的試驗材料，依據百粒重大小分別為水稻：臺農選 2 號 3.2 g，臺農秈糯 2 號 2.9g，臺秈 1 號 2.7g，臺稉糯 1 號 2.7g，臺稉 4 號 2.7g，臺農67號 2.6g，臺農38號 2.6g 和臺秈 糯2 號 2.2g 共八品種。玉米：臺中白皮 39.85g，臺農 1 號 28.58g，臺南12號 21.8g，臺南 5 號 21.1g，臺農351號 16.59g 和 pop-corn 16.58 共六品種。大豆：90-F-3 為 30.42g，臺農 4 號 19.11g，PI 253663 為 14.99g，112-1〔G02244〕為 11.27g，1391O.B.B. 為 6.71g 和 D-69-1423 為 3.56g 共六品種。所以，依據百粒重大小可發現水稻品種間差異不大，介於 2.2～3.2g，玉米品種間則百粒重差異甚大，介於 16.58～39.85g，大豆品種間百粒重差異亦大，介於 3.56～30.42g（表 2）。

㈠水稻種子含水率下降迴歸曲線

水稻八品種經種子乾燥處理所得的乾燥日數和含水率資料，利用 SAS 軟體所分析後之乾燥日數與含水率迴歸曲線，分別為臺農選 2 號 $y=9.5374-1.305\ln(x)$，$R^2=0.9826$；臺農秈糯 2 號 $y=9.182-1.2548\ln(x)$，$R^2=0.9714$；臺秈 1 號 $y=9.2661-1.2688\ln(x)$，$R^2=0.9653$；臺稉糯 1 號 $y=9.6836-1.3028\ln(x)$，$R^2=0.9844$；臺稉 4 號 $y=9.989-1.3349\ln(x)$，$R^2=0.9857$；臺農67號 $y=9.6043-1.3524\ln(x)$，$R^2=0.9785$；臺農38號 $y=9.968-1.3483\ln(x)$，$R^2=0.979$；臺秈糯 2 號 $y=9.4632-1.2728\ln(x)$，$R^2=0.9601$；（圖2-A～H）。所以，由上述結果可知水稻八品種的含水率迴歸曲線 R^2 皆大於0.9以上（根據決定係數顯著性檢定可知，$R^2>0.84$ 表示極顯著），表示這八條迴歸曲線作為預測種子乾燥至最適種子含水率所需天數皆是合適地。

為進一步探討水稻八品種間的乾燥日數與含水率迴歸曲線是否可以合併，將八條迴歸曲線轉換成迴歸直線方程式，分別為臺農選 2 號 $Y=9.1823-1.3099X$，$R^2=0.9913$；臺農秈糯 2 號 $Y=8.8619-1.2592X$，$R^2=0.9824$；臺秈 1 號 $Y=8.8588-1.2745X$，$R^2=0.9782$；臺稉糯 1 號 $Y=9.1848-1.3099X$，$R^2=0.9931$；臺稉 4 號 $Y=9.3617-1.3441X$，$R^2=0.9932$；臺農67號 $Y=9.3351-1.3563X$，$R^2=0.9879$；臺農38號 $Y=9.3600-1.3574X$，$R^2=0.9885$；臺秈糯 2 號 $Y=8.6650-1.2840X$，$R^2=0.9788$（表 3）。同時，進行八品種迴歸直線之迴歸係數相等性檢定，根據變方分析表（表 4）可知共同斜率和各品種斜率間的實測 F 值皆大於 F_α，這表示在這八品種迴歸直線組合間有共同斜率存在，但在各組斜率間至少有一組不等。因為各組斜率間至少有一組不等，故進而以學生氏 t 值來進行任意二品種迴歸直線的迴歸係數和截距的比較。根據迴歸係數的 t 值結果可發現八品種應區分成二群，一群為臺農選 2 號、臺農秈糯 2 號、臺秈 1 號、臺稉糯 1 號和臺秈糯 2 號；另一群則為臺稉 4 號、臺農67號和臺農38號(表 5)。為了進一步了解水稻這二群品種是否可以分別合併其乾燥日數與含水率迴歸曲線，故二群品種分別再度進行迴歸直線的相等性檢定；根據斜率分析結果可知二群的共同斜率實測 F 值皆大於 F_α，而各品種斜率間的實測 F 值亦皆小於 F_α，故表示水稻二群品種間的乾燥日數與含水率迴歸曲線之斜率是可以分別合併(表 6，表 7)。另根據表 5 可以發現在水稻二群品種間的迴歸直線之截距 t 值有顯著差異存在，這是因為種子起始含水率(12.61～13.37%)不同所致(圖 2，表 3)。所以，利用內插法求出種子含水率12%時所需的乾燥日數，進而再以種子含水率12%作為起始含水率的標準來換算出水稻 8 品種間之新迴歸直線。然後，以 F 檢定的變方分析法來檢定水稻二群品種間的新迴歸直線(種子起始含水率均為12%)之截距，可發現這二群品種的截距間 F 值均小於 F_α，這表示此二群品種的迴歸直線之截距間無顯著差異存在，故

水稻二群品種間的乾燥日數與含水率迴歸曲線之截距亦可以分別合併(表 8，表 9)。因此，將水稻二群品種間分別平均已換算過的資料值（種子起始含水率均爲12%）再經 SAS 分析後的乾燥日數與含水率迴歸曲線分別爲 $y=9.1555-1.1898\ \ln(x)$，$R^2=0.9826$（$R^2>0.92$ 表示極顯著）(圖 3)和 $y=9.5751-1.2581\ \ln(x)$，$R^2=0.9912$($R^2>0.98$ 表示極顯著)(圖 4)。

表 3. 在種子水分乾燥試驗中，水稻、玉米和大豆不同品種間的乾燥日數與種子含水率迴歸曲線所轉換成之迴歸直線方程式

Table 3. The transformed linear regression equations among the varieties of rice, corn and soybean in the seed moisture content reducing experiment.

	水稻（*Oryza sativa*）	i.m.c.=12.61～13.37%
代號・品種名稱 code no. variety name	迴歸直線方程式 linear regression equation[z]	決定係數（R-SQUARE） determination coefficient
1. 臺農選 2 號	Y=9.1883−1.3099X	0.9913
2. 臺農秈糯 2 號	Y=8.8619−1.2592X	0.9824
3. 臺秈 1 號	Y=8.8588−1.2745X	0.9782
4. 臺稉糯 1 號	Y=9.1848−1.3099X	0.9931
5. 臺稉 4 號	Y=9.3617−1.3441X	0.9932
6. 臺農67號	Y=9.3351−1.3563X	0.9879
7. 臺農38號	Y=9.3600−1.3574X	0.9885
8. 臺秈糯 2 號	Y=8.6650−1.2840X	0.9788
	玉米（*Zea mays*）	i.m.c.=16.71～18.15%
代號・品種名稱 code no. variety name	迴歸直線方程式 linear regression equation	決定係數（R-SQUARE） determination coefficient
1. 臺中白皮	Y=9.4391−1.1036X	0.9829
2. 臺農 1 號	Y=9.3156−1.1152X	0.9818
3. 臺南12號	Y=9.2723−1.1372X	0.9666
4. 臺南 5 號	Y=9.5913−1.1363X	0.9618
5. 臺農351號	Y=9.0980−1.1297X	0.9622
6. pop-corn	Y=9.0415−1.0729X	0.9808
	大豆（*Glycine max*）	i.m.c.=11.69～16.86%
代號・品種名稱 code no. variety name	迴歸直線方程式 linear regression equation	決定係數（R-SQUARE） determination coefficient
1. 90-F-3	Y=8.4082−1.1574X	0.9357
2. 臺農 4 號	Y=7.8502−1.0965X	0.8491
3. PI253663	Y=7.2103−1.0499X	0.8114
4. 112-1〔G02244〕	Y=7.3645−1.0046X	0.8569
5. 1391O.B.B.	Y=7.2730−1.0164X	0.7842
6. D-69-1423	Y=6.2455−0.5464X	0.8784

[z] In linear regression equations, Y=log(y), y: seed moisture content; X=log(x), x: drying time. (i.m.c.=initial moisture content)

表 4. 在種子水分乾燥試驗中，水稻、玉米和大豆不同品種間的數組乾燥日數與種子含水率迴歸直線方程式之比較變方分析表

Table 4. The analysis of variance table of regression curves of seed moisture content among the varieties of rice, corn and soybean in the seed moisture content reducing experiment.

水稻 (*Oryza sativa*)

變因 source	自由度 d.f.	平方和 sum of squares	均方 mean square	實測F值 F value	F_α 0.05	F_α 0.01
共同斜率	1	2,855.323	2,855.323	45,632.9435**[z]	3.8415	6.6349
斜率間	7	2.082	0.297	4.7540**[y]	2.0096	2.6393
離迴歸	1,376	86.098	0.063			
總計	1,384	2,943.504				

玉米 (*Zea mays*)

變因 source	自由度 d.f.	平方和 sum of squares	均方 mean square	實測F值 F value	F_α 0.05	F_α 0.01
共同斜率	1	7,385.3597	7,385.597	5,054.3134**[z]	3.8415	6.6349
斜率間	5	3.029	0.606	0.4146	2.2141	3.0173
離迴歸	1,176	1,718.426	1.461			
總計	1,182	9,107.051				

大豆 (*Glycine max*)

變因 source	自由度 d.f.	平方和 sum of squares	均方 mean square	實測F值 F value	F_α 0.05	F_α 0.01
共同斜率	1	5,179.732	5,179.732	5,679.3082**[z]	3.8415	6.6349
斜率間	5	216.281	43.256	47.4281**[y]	2.2141	3.0173
離迴歸	852	777.054	0.912			
總計	858	6,173.067				

[z] * and ** indicate that the common slope exists among groups of straight lines at 5% and 1% signification levels respectively.

[y] * and** indicate that at least one group's slope is significantly different among groups of slopes at 5% and 1% signification levels respectively.

表 5. 在種子水分乾燥試驗中，水稻不同品種間的乾燥日數與種子含水率迴歸直線方程式（起始含水率12.61～13.37%）之迴歸係數間和截距間的比較

Table 5. The comparison of intercept and regression coefficient of the seed moisture content linear regression (i.m.c.=12.61～13.37%) among the varieties of rice.

比較方式 comparison type	學生氏 t 統計值 Student's statistical value		t_α	
	截距 intercept	迴歸係數 regression coefficient	0.05	0.01
1VS2	8.0237**	2.0642*	1.96	2.58
1VS3	9.3886**	1.4446	1.96	2.58
1VS4	0.1311	0.0004	1.96	2.58
1VS5	3.6709**	1.3915	1.96	2.58
1VS6	1.6813	1.8882	1.96	2.58
1VS7	2.5257*	1.9296	1.96	2.58
1VS8	17.3907**	1.0574	1.96	2.58
2VS3	1.3613	0.6196	1.96	2.58
2VS4	7.8962**	2.0638*	1.96	2.58
2VS5	11.6982**	3.4557**	1.96	2.58
2VS6	9.7086**	3.9523**	1.96	2.58
2VS7	10.5531**	3.9938**	1.96	2.58
2VS8	9.3633**	1.0667	1.96	2.58
3VS4	9.2575**	1.4441	1.96	2.58
3VS5	13.0595**	2.8361**	1.96	2.58
3VS6	11.0699**	3.3327**	1.96	2.58
3VS7	11.9143**	3.3742**	1.96	2.58
3VS8	8.0021**	0.3871	1.96	2.58
4VS5	3.8020**	1.3919	1.96	2.58
4VS6	1.8124	1.8886	1.96	2.58
4VS7	2.6569**	1.9301	1.96	2.58
4VS8	17.2595**	1.0570	1.96	2.58
5VS6	1.9896*	0.4966	1.96	2.58
5VS7	1.1452	0.5381	1.96	2.58
5VS8	21.0616**	2.4490*	1.96	2.58
6VS7	0.8444	0.0415	1.96	2.58
6VS8	19.0720**	2.9456**	1.96	2.58
7VS8	19.9164**	2.9871**	1.96	2.58

* and** indicate the slopes and intercepts between any two lines respectively arrived at 5% and 1% signification levels . (code-name listed in table 3)

表 6. 在種子水分乾燥試驗中，水稻不同品種間種子含水率下降曲線之斜率經過學生氏 t 值檢定後代號1,2,3,4和 8 的品種之含水率迴歸直線方程式的比較變方分析表

Table 6. The analysis of variance table of the regression curve of seed moisture content among rice varieties no. 1,2,3,4 and 8.

水稻 (*Oryza sativa*)						
變因 source	自由度 d.f.	平方和 sum of squares	均方 mean square	實測F值 F value	F_α 0.05	0.01
共同斜率	1	1,718.786	1,718.786	24,452.1202**	3.8415	6.6349
斜率間	4	0.412	0.103	1.4666	2.3719	3.3192
離迴歸	860	60.451	0.070			
總計	865	1,779.650				

* and ** indicate that the common slope exists among groups of straight lines at 1% and 5% signification levels respectively.
(No. 1 : Tainung Sel. 2, No. 2 : Tainung Sen Glutinous 2, No. 3 : Tai-sen 1, No. 4 : Tai-keng Glutinous 1, No. 8 : Tai-sen Glutinous 2)

表 7. 在種子水分乾燥試驗中，水稻不同品種間種子含水率下降曲線之斜率經過學生氏 t 值檢定後代號5,6和 7 的品種之含水率迴歸直線方程式的比較變方分析表

Table 7. The analysis of variance table of the regression curve of seed moisture content among rice varieties no. 5,6 and 7.

水稻 (*Oryza sativa*)						
變因 source	自由度 d.f.	平方和 sum of squares	均方 mean square	實測F值 F value	F_α 0.05	0.01
共同斜率	1	1,138.184	1,138.184	22,899.1445**	3.8415	6.6349
斜率間	2	0.022	0.011	0.2257	2.9957	4.6052
離迴歸	516	25.647	0.050			
總計	519	1,163.854				

* and ** indicate that the common slope exists among groups of straight lines at 1% and 5% signification levels respectively.
(No. 5 : Tai-keng 4, No. 6 : Tainung 67, No. 7 : Tainung 38)

表 8. 在種子水分乾燥試驗中，水稻品種1、2、3、4和 8 間的乾燥日數與種子含水率迴歸直線方程式(起始含水率12%)之截距間的比較變方分析表

Table 8. The analysis of variance table of the regression curve of seed moisture content (i.m.c.=12%) for intercept among rice varieties no. 1,2,3,4 and 8.

水稻 (*Oryza sativa*)						
變因 source	自由度 d.f.	平方和 sum of squares	均方 mean square	實測F值 F value	F_α 0.05	0.01
共同斜率	1	3,437.571	3,437.571	49,108.140**	3.8415	6.6349
截 距	4	0.731	0.183	1.964	2.3719	3.3192
離迴歸	864	80.166	0.093			
總計	869	3,518.468				

* and ** indicate that the common intercept exists among groups of straight lines at 1% and 5% signification levels respectively.
(No. 1 : Tainung Sel. 2, No. 2 : Tainung Sen Glutinous 2, No. 3 : Tai-sen 1, No. 4 : Tai-keng Glutinous 1, No. 8 : Tai-sen Glutinous 2)

表 9. 在種子水分乾燥試驗中，水稻品種5、6和 7 間的乾燥日數與種子含水率迴歸直線方程式 (起始含水率12%) 之截距間的比較變方分析表

Table 9. The analysis of variance table of the regression curve of seed moisture content (i.m.c.=12%) for intercept among rice varieties no. 5,6 and 7.

水稻 (*Oryza sativa*)						
變因 source	自由度 d.f.	平方和 sum of squares	均方 mean square	實測F值 F value	F_α 0.05	0.01
共同斜率	1	2,275.879	2,275.879	49,108.140**	3.8415	6.6349
截 距	2	0.211	0.106	1.656	2.9957	4.6052
離迴歸	518	32.671	0.064			
總計	521	2,308.761				

* and ** indicate that the common intercept exists among groups of straight lines at 1% and 5% signification levels respectively.
(No. 5 : Tai-keng 4, No. 6 : Tainung 67, No. 7 : Tainung 38)

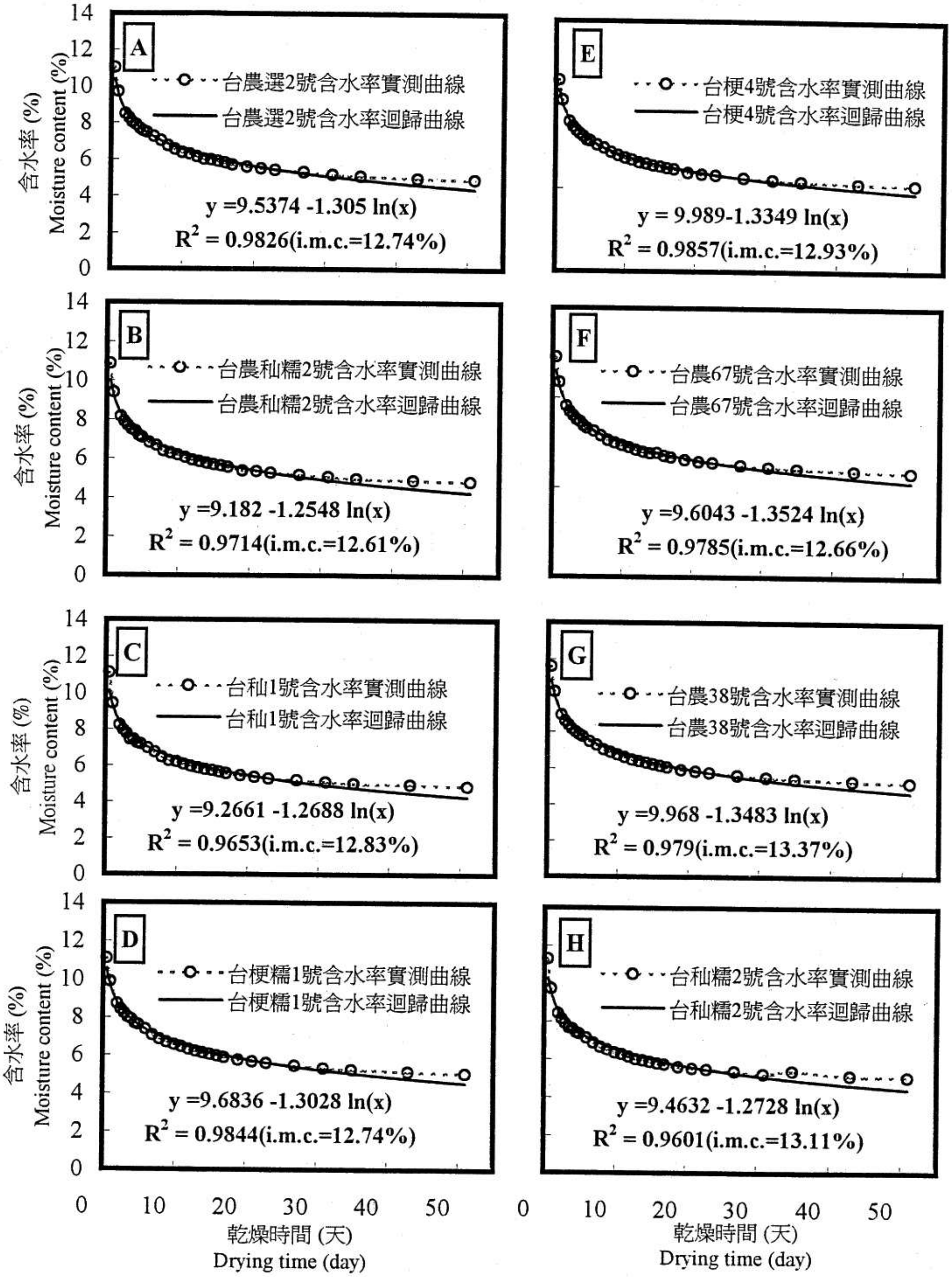

圖 2. 水稻品種一臺農選 2 號，臺農秈糯 2 號，臺秈 1 號，臺稉糯 1 號，臺稉 4 號，臺農67號，臺農38號和臺秈糯 2 號種子置於乾燥室後種子含水率的變化趨勢

Fig. 2. The changes in seed moisture content of rice varieties-Tainung Sel. 2, Tainung Sen Glutinous 2, Tai-sen 1, Tai-keng Glutinous 1, Tai-keng 4, Tainung 67, Tainung 38 and Tai-sen Glutinous 2 after placed in the drying room of NPGRC. (i.m.c.=initial moisture content)

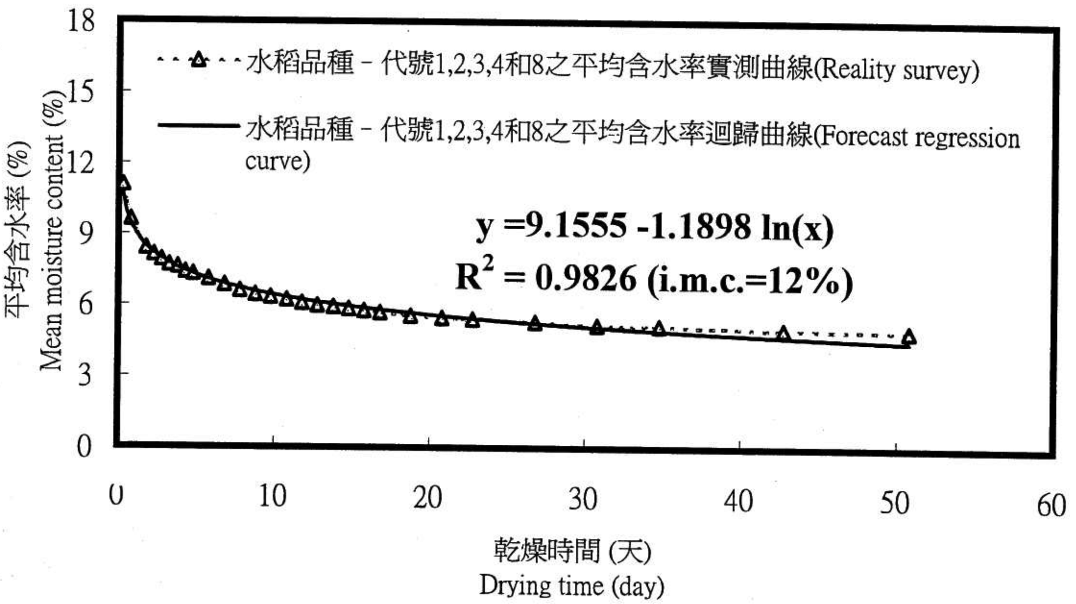

圖 3. 水稻品種一代號1,2,3,4和 8 在乾燥期間種子平均含水率的變化趨勢
(代號 1 爲臺農選 2 號，代號 2 爲臺農秈糯 2 號，代號 3 爲臺秈 1 號，代號 4 爲臺稉糯 1 號，代號 8 爲臺秈糯 2 號)

Fig. 3. The average changes in seed moisture content of rice varieties-code -name 1,2,3,4 and 8 after placed in the drying room of NPGRC.
(No. 1 : Tainung Sel. 2, No. 2 : Tainung Sen Glutinous 2, No. 3 : Tai-sen 1, No. 4 : Tai-keng Glutinous 1, No. 8 : Tai-sen Glutinous 2)

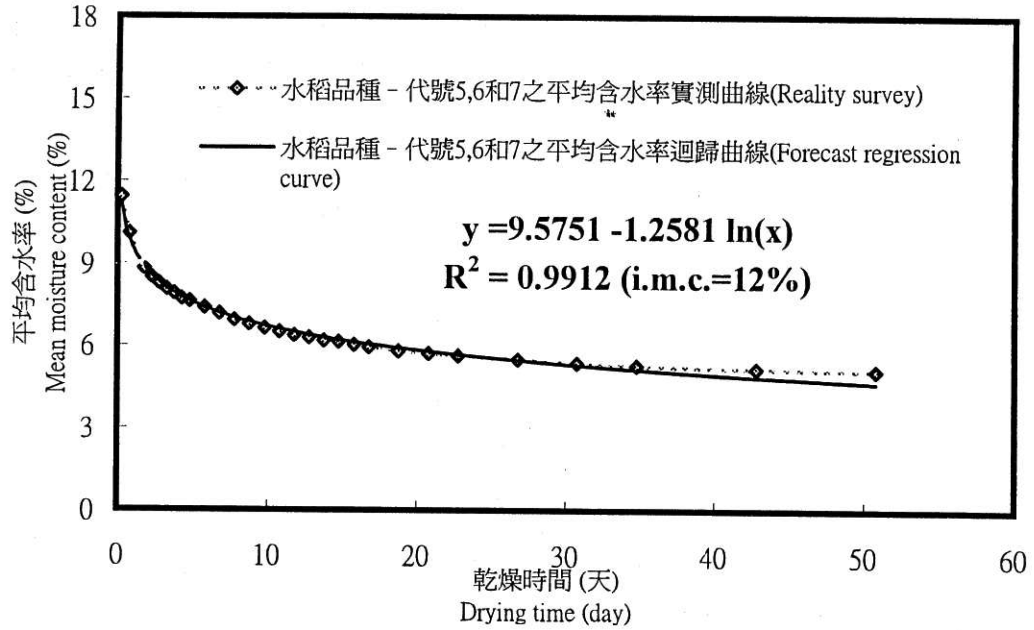

圖 4. 水稻品種一代號5,6和 7 在乾燥期間種子平均含水率的變化趨勢
(代號 5 爲臺稉 4 號，代號 6 爲臺農67號，代號 7 爲臺農38號)

Fig. 4. The average changes in seed moisture content of rice varieties-code-name 5,6 and 7 after placed in the drying room of NPGRC.
(No. 5 : Tai-keng 4, No. 6 : Tainung 67, No. 7 : Tainung 38)

(二)玉米種子含水率下降迴歸曲線

玉米六品種經種子乾燥處理所得的乾燥日數和含水率資料，經 SAS 軟體分析後之乾燥日數與含水率迴歸曲線分別爲臺中白皮 y=12.71-1.8762 ln(x)，R^2=0.9721；臺農1號 y=12.33-1.9703 ln(x)，R^2=0.9598；臺南12號 y=11.963-1.8852 ln(x)，R^2=0.9532；臺南5號 y=11.624-1.8943 ln(x)，R^2=0.8167；臺農351號 y=10.35-1.7796 ln(x)，R^2=0.9151；pop-corn 爲 y=11.358-1.8399 ln(x)，R^2=0.9697（圖5-A～F）。根據上述結果可以發現玉米六品種中，除臺南5號的迴歸曲線 R^2 稍低外，其餘五品種迴歸曲線 R^2 皆大於0.9（根據決定係數顯著性檢定可知，R^2>0.67 表示顯著，R^2>0.84 表示極顯著），故表示玉米六品種的含水率迴歸曲線皆可做爲預測達到最適含水率所需乾燥日數的推測模式。

爲探討這六品種的迴歸曲線可否合併，進一步將其轉換爲迴歸直線方程式，分別爲臺中白皮 Y=9.4391-1.1036X，R^2=0.9829；臺農1號 Y=9.3156-1.1152X，R^2=0.9818；臺南12號 Y=9.2723-1.1372X，R^2=0.9666；臺南5號 Y=9.5913-1.1363X，R^2=0.9618；臺農351號 Y=9.098-1.1297X，R^2=0.9622；pop-corn 爲 Y=9.0415-1.0729X，R^2=0.9808（表3）。同樣地，這六條轉換後的迴歸直線方程式 R^2 皆達0.9以上，可見均極爲顯著。同時，進行玉米六品種迴歸直線方程式的迴歸係數相等性檢定，依據變方分析表可知其共同斜率的實測F值大於 F_α，而各品種斜率間實測F值小於 F_α，這表示在六品種間迴歸直線有共同斜率存在，故可將其斜率進行合併（表4）。但是，根據學生氏t值檢測（資料未列出）卻發現在玉米品種間的迴歸直線之截距t值有顯著差異存在，這亦是因爲種子起始含水率（16.71～18.15%）不同所致（圖5，表3）。所以，利用內插法求出種子含水率16%時所需的乾燥日數，進而再以種子含水率16%作爲起始含水率的標準來換算出玉米6品種間之新迴歸直線。然後，以F檢定的變方分析法來檢定玉米6品種間的新迴歸直線（種子起始含水率均爲16%）之截距，可發現這6品種的截距間F值小於 F_α，這表示6品種間的迴歸直線之截距無顯著差異存在，故玉米6品種間的乾燥日數與含水率迴歸曲線之截距亦可以合併（表10）。因此，將玉米六品種間已換算過的含水率資料（種子起始含水率均爲16%）平均後經 SAS 軟體分析可得合併的乾燥日數與含水率迴歸曲線 y=11.302-1.7182 ln(x)，R^2=0.9807（R^2>0.84表示極顯著）（圖6）。

表 10. 在種子水分乾燥試驗中，玉米品種1、2、3、4、5和6間的乾燥日數與種子含水率迴歸直線方程式（起始含水率16%）之截距間的比較變方分析表

Table 10. The analysis of variance table of the regression curve of seed moisture content (i.m.c.=16%) for intercept among corn varieties no.1,2,3,4,5 and 6.

玉米（*Zea mays*）						
變因 source	自由度 d.f.	平方和 sum of squares	均方 mean square	實測F值 F value	F_α 0.05	0.01
共同截距	1	3442.916	3442.916	2348.510**	3.8415	6.6349
截距間	5	7.528	1.506	1.027	2.2141	3.0173
離迴歸	1181	1731.458	1.466			
總計	1187	5181.902				

* and ** indicate that the common intercept exists among groups of straight lines at 1% and 5% signification levels respectively.
(No.1 : Taichung white, No.2 : Tainung 1, No.3 : Tainan 12, No.4 : Tainan 5, No.5 : Tainung 351, No. 6 : pop-corn)

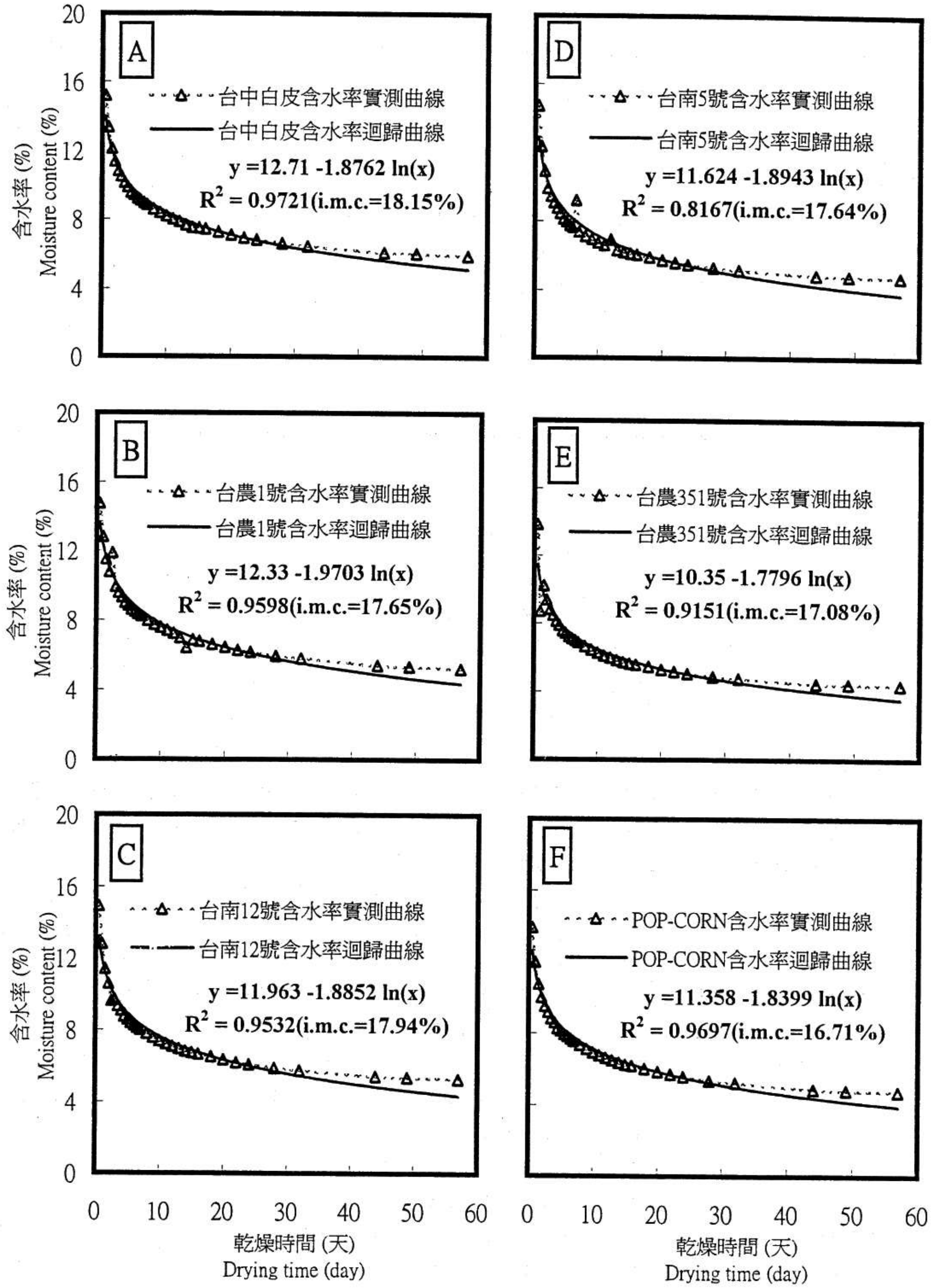

圖 5. 玉米品種一臺中白皮，臺農 1 號，臺南12號，臺南 5 號，臺農351號，pop-corn 種子置於乾燥室後種子含水率的變化趨勢

Fig. 5. The changes in seed moisture content of corn varieties-Taichung white, Tainung 1, Tainan 12 Tainan 5, Tainung 351 and pop-corn after placed in the drying room of NPGRC.

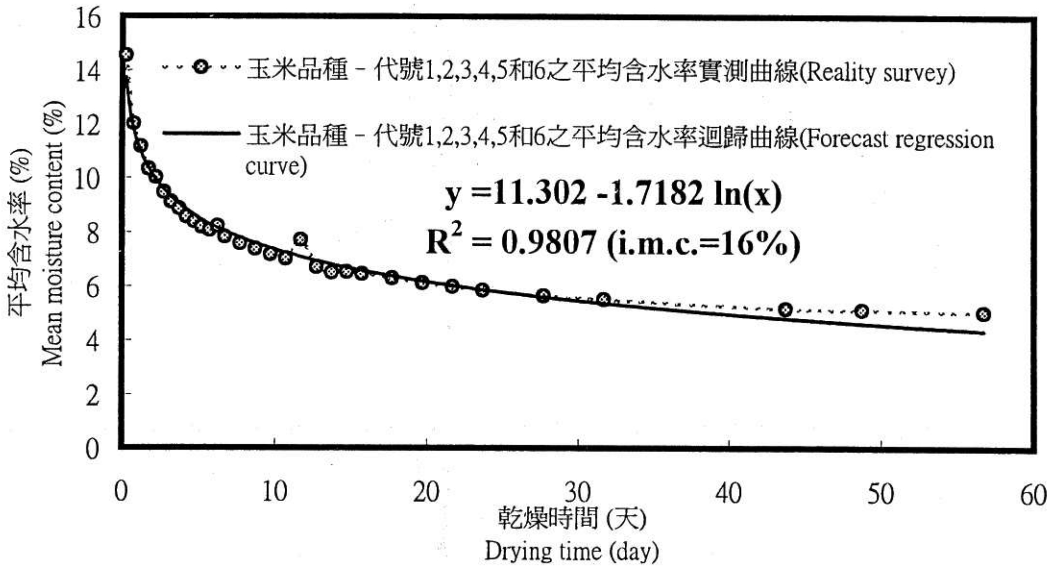

圖 6. 玉米品種一代號1，2，3，4，5和 6 在乾燥期間種子平均含水率的變化趨勢（代號 1 爲臺中白皮，代號 2 爲臺農 1 號，代號 3 爲臺南12號，代號 4 爲臺南 5 號，代號 5 爲臺農351號，代號 6 爲 pop-corn）

Fig. 6. The average changes in seed moisture content of corn varieties-code-name 1,2,3,4,5 and 6 after placed in the drying room of NPGRC. (No.1：Taichung white, No.2：Tainung 1, No.3：Tainan 12, No.4：Tainan 5, No.5：Tainung 351, No.6：pop-corn)

㈢大豆種子含水率下降迴歸曲線

大豆六品種經種子乾燥處理所得乾燥日數和含水率資料，經 SAS 軟體分析後之迴歸曲線分別爲90-F-3爲 y=10.202-1.9784 ln(x)，R^2=0.9025；臺農 4 號 y=7.5366-1.606 ln(x)，R^2=0.8359；PI253663 爲 y=6.8017-1.3977 ln(x)，R^2=0.770；112-1〔G02244〕爲 y=7.4222-1.1085 ln(x)，R^2=0.8499；1391O.B.B. 爲 y=7.57-1.034 ln(x)，R^2=0.751；D-69-1423 爲 y=7.215-0.6508 ln(x)，R^2=0.8845（圖7-A～F）。依據上述結果可以發現除90-F-3，臺農 4 號和112-1〔G02244〕之迴歸曲線 R^2 大於0.8外，其餘三品種的 R^2 則均低於0.8，故表示大豆六品種的乾燥日數與含水率迴歸曲線中以 R^2>0.8的三品種預測達最適含水率的所需乾燥日數較爲可靠（R^2>0.82 表示極顯著水準），而0.7<R^2<0.8的另外三品種的迴歸曲線預測的可靠性則稍低，但仍可接受（R^2>0.68 表示已達顯著水準）。此外，也發現大豆含水率迴歸曲線 R^2>0.8 的三品種均有百粒重較高的傾向，而另三品種的百粒重除PI253663 品種外其它二品種均較小（表 2）。

爲探討大豆六品種之迴歸曲線可否合併，進一步將其轉換爲迴歸直線方程式分別爲 90-F-3 爲 Y=8.4082-1.1574X，R^2=0.9357；臺農 4 號 Y=7.8502-1.0965X，R^2=0.8491；PI 253663 爲 Y=7.2103-1.0499X，R^2=0.8114；112-1〔G02244〕爲 Y=7.3645-1.0046X，R^2=0.8569；1391O.B.B. 爲 Y=7.2730-1.0164X，R^2=0.7842；D-69-1423 爲 Y=6.2455-0.5464X，R^2=0.8784（表 3）。同樣地，這六品種中除 1391O.B.B. 的迴歸直線 R^2<0.8外，其餘五品種均 R^2>0.8，故大體上仍具有一定程度可靠性(決定係數已達顯著水準)。同時，進行大豆六品種直線方程式的迴歸係數相等性檢定，依據變方分析表可知其共同斜率和斜率間

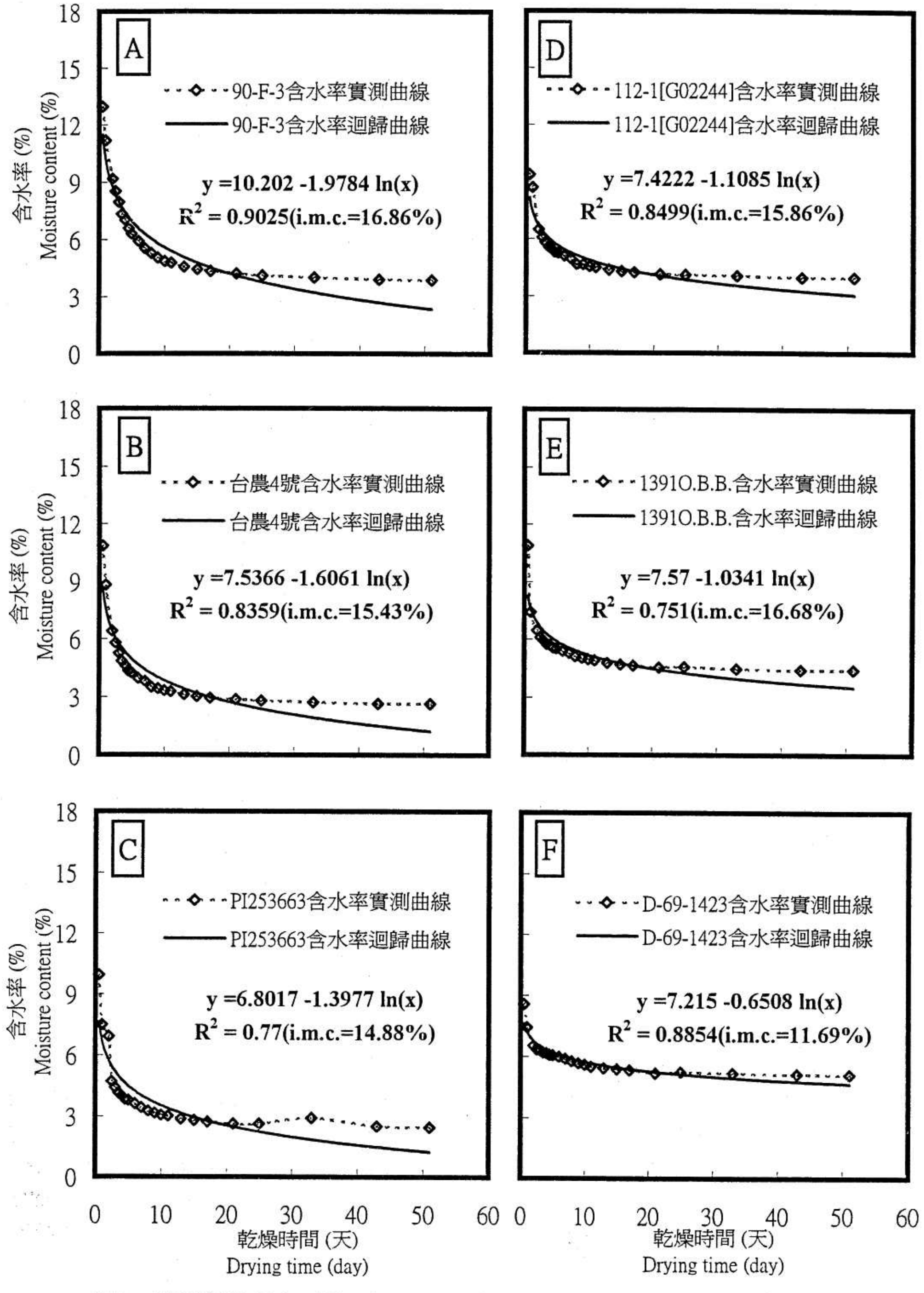

圖 7. 大豆品種 90-F-3，臺農 4 號，PI253663，112-1〔G02244〕,1391O.B.B.,D-69-1423 種子置於乾燥室後種子含水率的變化趨勢

Fig. 7. The changes in seed moisture content of soybean varieties 90-F-3, Tainung 4, PI253663, 112-1〔G02244〕,1391 O.B.B. and D-69-1423 after placed in the drying room of NPGRC.

的實測F值均大於 F_α，這表示在數組直線間有共同斜率存在，且在各組斜率間至少有一組不等，故需進一步用學生氏 t 值來做任意二品種檢定（表 4）。大豆六品種經學生氏 t 值做比較檢定後，根據斜率 t 值可以發現會明顯區分成三群，一群爲臺農 4 號，PI 253663，112-1〔G02244〕和1391O.B.B. 共四品種，另外兩群分別爲單獨一品種的 90-F-3 和 D-69-1423（表11）。並且爲了解含有四品種的一群是否可合併，故再進行此四品種迴歸直線的相等性檢定，依據變方分析表可知共同斜率的實測F值大於 F_α 而各品種斜率間的實測F值小於 F_α，這表示四品種迴歸直線有共同斜率存在，故其迴歸曲線的斜率可合併(表12)。但是，根據表11卻發現在迴歸曲線之斜率可合併的大豆 4 品種間的迴歸直線之截距 t 值有顯著差異存在，這亦是因爲種子起始含水率（14.88～16.68%）不同所致（圖 7）。所以，亦利用內插法求出種子含水率14%時所需的乾燥日數，進而再以種子含水率14%作爲起始含水率的標準來換算出大豆 4 品種間之新迴歸直線。然後，以F檢定的變方分析法來檢定大豆 4 品種間的新迴歸直線（種子起始含水率均爲14%）之截距，可發現這大豆 4 品種間的截距間F值小於 F_α，這表示大豆 4 品種間的迴歸直線之截距無顯著差異存在，故大豆 4 品種間的乾燥日數與含水率迴歸曲線之截距亦可合併（表13）。因此，將大豆這四品種已換算過之含水率資料（種子起始含水率均爲14%）平均後經 SAS 軟體分析可得合併的乾燥日數與含水率迴歸曲線 $y=6.8808-1.1373\ \ln(x)$，$R^2=0.9061$（$R^2>0.86$ 表示極顯著水準）（圖 8），而另外兩群的單獨一品種之迴歸曲線亦採用種子起始含水率14%爲標準來換算，分別爲 $y=9.4171-1.7004\ \ln(x)$，$R^2=0.9376$（$R^2>0.82$ 表示極顯著水準）（圖 9）和 $y=7.3667-0.6959\ \ln(x)$，$R^2=0.8439$（$R^2>0.82$ 表示極顯著水準）（圖10）。

表 11. 大豆不同品種間在種子水分乾燥試驗中種子含水率迴歸直線方程式（起始含水率11.69～16.86%）之迴歸係數和截距間的比較

Table 11. The regression coefficient and intercept in the regression curves of seed moisture content (i.m.c.=11.69～16.86%) were compared among the varieties of soybean in the seed moisture content reducing experiment.

比較方式 comparison type	學生氏 t 統計值 Student's statistical value		t_α	
	截距 intercept	迴歸係數 regression coefficient	0.05	0.01
1VS2	4.1272**	1.3540	1.96	2.58
1VS3	9.1722**	2.3908*	1.96	2.58
1VS4	7.1894**	3.3975**	1.96	2.58
1VS5	8.1637**	3.1342**	1.96	2.58
1VS6	10.8843**	13.5849**	1.96	2.58
2VS3	5.0500**	1.0368	1.96	2.58
2VS4	3.0622**	2.0435*	1.96	2.58
2VS5	4.0365**	1.7802	1.96	2.58
2VS6	6.7571**	12.2309**	1.96	2.58
3VS4	1.9878*	1.0067	1.96	2.58
3VS5	1.0135	0.7434	1.96	2.58
3VS6	1.7071	11.1941**	1.96	2.58
4VS5	0.9743	0.2633	1.96	2.58
4VS6	3.6949**	10.1874**	1.96	2.58
5VS6	2.7206**	10.4507**	1.96	2.58

* and ** indicate the slopes and intercepts between any two lines respectively arrived at 0.05 and 0.01 signification levels.
(No.1 : 90-F-3, No.2 : Tainung 4, No.3 : PI253663, No.4 : 112-1〔G02244〕, No.5 : 1391O.B.B., No.6 : D-69-1423)

表 12. 在種子水分乾燥試驗中，大豆不同品種間種子含水率下降曲線之斜率經過學生氏 t 值檢定後代號2，3，4和 5 的品種之含水率迴歸直線方程式的比較變方分析表

Table 12. The analysis of variance table of the regression curve of seed moisture content among soybean varieties no.2,3,4 and 5.

大豆 (*Glycine max*)						
變因 source	自由度 d.f.	平方和 sum of squares	均方 mean square	實測F值 F value	F_{α} 0.05	0.01
共同斜率	1	4749.05	4749.05	8634.6363**	3.8415	6.6349
斜率間	3	3.46	1.15	2.0909	2.3719	3.3192
離迴歸	568	309.62	0.55			
總計	572	5062.13				

** and * indicate that the common slope exists among groups of straight lines at 1% and 5% signification levels respectively.

(No.2 : Tainung 4，No.3 : PI253663，No.4 : 112-1〔G02244〕，No.5 : 1391O.B.B.)

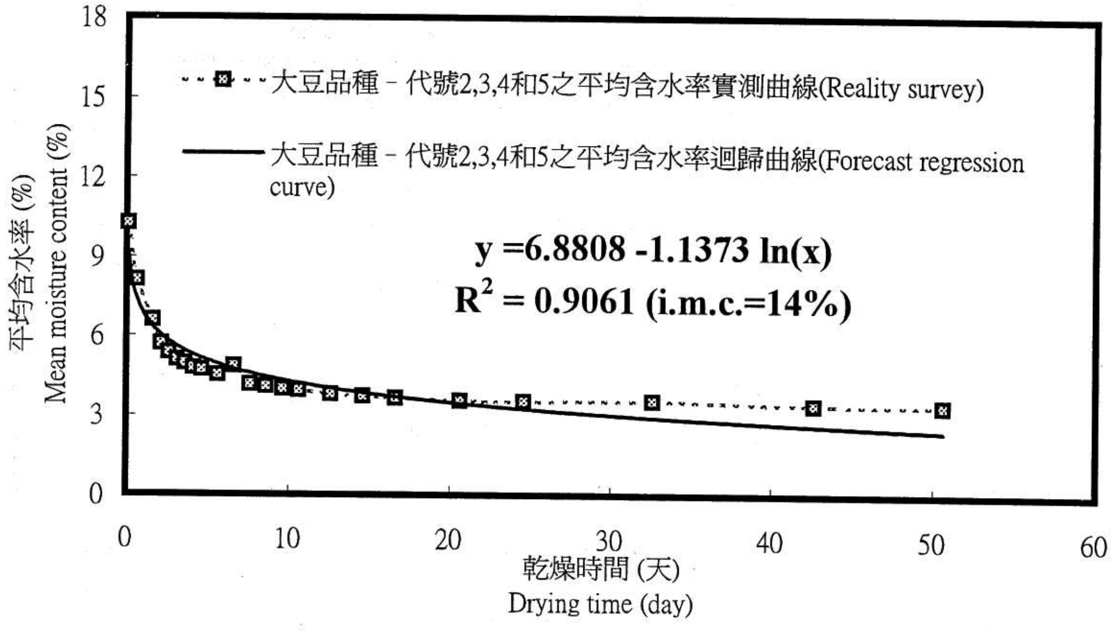

圖 8. 大豆品種一代號2，3，4和 5 在乾燥期間種子平均含水率的變化趨勢
(代號 2 爲臺農 4 號，代號 3 爲PI253663，代號 4 爲112-1〔G02244〕，代號 5 爲1391 O.B.B.)

Fig. 8. The average changes in seed moisture content of soybean varieties-code-name 2,3,4 and 5 after placed in the drying room of NPGRC.
(No.2 : Tainung 4, No.3 : PI253663, No.4 : 112-1〔G02244〕,No.5 : 1391O.B.B.)

表 13. 在種子水分乾燥試驗中，大豆品種2、3、4和5間的乾燥日數與種子含水率迴歸直線方程式（起始含水率14%）之截距間的比較變方分析表

Table 13. The analysis of variance table of the regression curve of seed moisture content (i.m.c.=14%) for intercept among soybean varieties no.2,3,4 and 5.

大豆（*Glycine max*）						
變因 source	自由度 d.f.	平方和 sum of squares	均方 mean square	實測F值 F value	F_α 0.05	0.01
共同斜率	1	1083.289	1083.289	1100.903**	3.8415	6.6349
截距間	3	6.308	2.103	2.137	2.6049	3.7816
離迴歸	571	561.644	0.984			
總計	577	1651.241				

** and * indicate that the common intercept exists among groups of straight lines at 1% and 5% signification levels respectively.
(No.2：Tainung 4，No.3：PI253663，No.4：112-1〔G02244〕，No.5：1391O.B.B.)

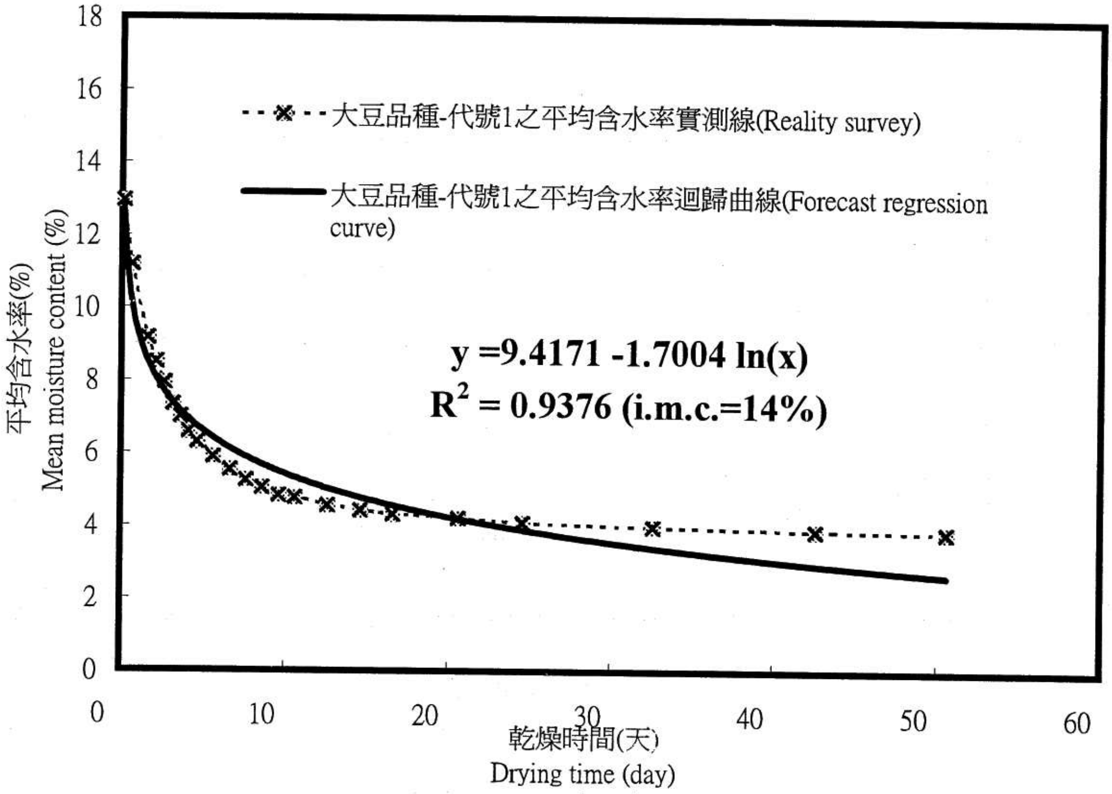

圖 9. 大豆品種一代號 1 在乾燥期間種子平均含水率的變化趨勢。（代號 1 爲90-F-3）

Fig. 9. The average changes in seed moisture content of soybean variety-code-name 1 after placed in the drying room of NPGRC. (No.1：90-F-3)

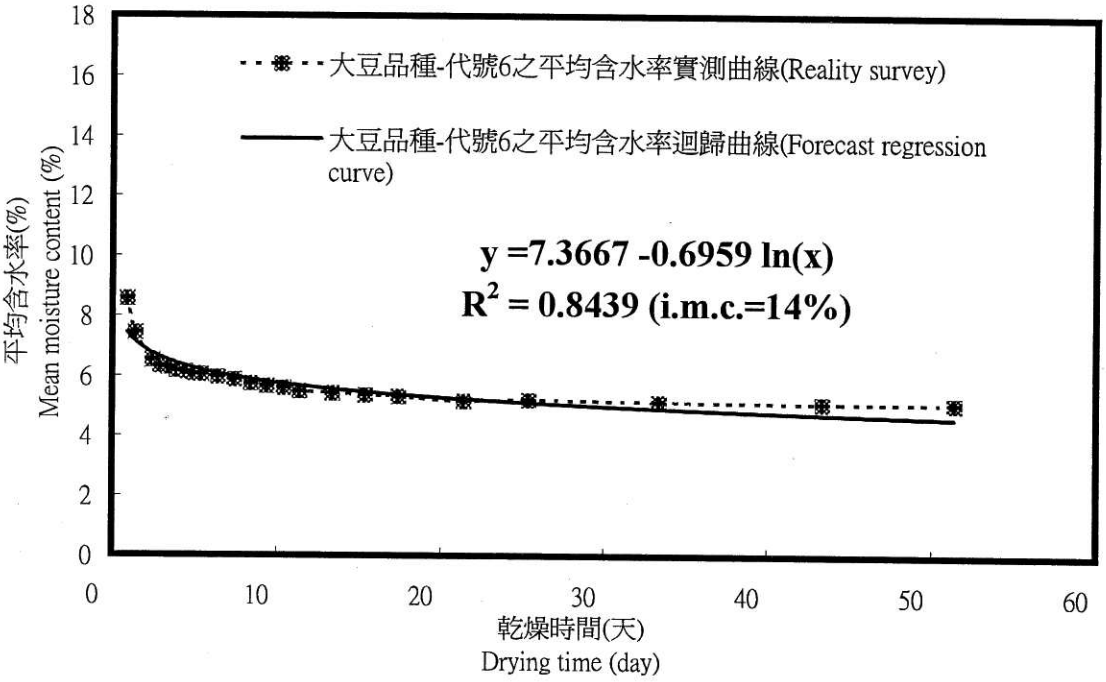

圖 10. 大豆品種一代號 6 在乾燥期間種子平均含水率的變化趨勢。(代號 6 爲D-69-1423)
Fig. 10. The average changes in seed moisture content of soybean variety-code-name 6 after placed in the drying room of NPGRC. (No.6：D-69-1423)

討 論

種子之儲藏壽命依據 Roberts，Ellis 及 Hong 等人之研究指出：儲藏壽命與儲藏環境之溫度以及種子之水分含量有關(10,19,20)。一般而言，溫度愈低，儲藏壽命愈長。據推估，溫度每下降攝氏5°C，儲藏壽命增加一倍。另就種子水分含量而言，種子水分含量每下降 1 %，壽命亦增加一倍。但所有的推估條件爲溫度20°C以上及種子水分含量在 7 %以上，其他狀況則採外插式推估(4,9)。因此，種子儲藏在－20°C以下是否能夠如預測值增加儲藏壽命，已引起討論。尤爲甚者，最近的報告指出，種子過份乾燥，可能造成傷害而影響其儲藏壽命(14)。另亦有些報告指出，種子水分在 5 %以下不會增加其儲藏壽命(19)。因此，Christina 等人之一連串報告皆強烈建議，種子儲藏時應以其環境之相對濕度爲種子水分含量之平衡控制，而不須將種子過份乾燥(5,6,7)。本種原中心於設計之初，係考量以密閉儲藏，因此種子皆以密閉之容器加以包裝。理論上，入庫之後種子水分含量不再變化，因此就以上之論點，必須考量的唯有種子儲藏前之乾燥過程。本種原中心之乾燥室，溫度爲18—20°C，相對濕度 8 —10%，可將水稻種子乾燥到水分含量爲5.9%，將玉米乾燥到6.3%，大豆乾燥到4.3%，並隨乾燥日數之增加，種子水分逐漸減少（表 1 ，圖 1 ）。這些作物之最終含水率皆低於 Christina 等人所認爲的可能造成傷害之水分含量(5,6)。而且乾燥水分之日數若太長，因長期處於20°C之高溫，將可能影響到種子儲藏壽命，因此有必要探討各種作物的最適乾燥日數。但水分之調查爲一種破壞性之檢測，對於珍稀種原的種子相當不恰當，故需利用乾燥日數與含水率迴歸曲線的預測，來減少含水率測定所造成的種子量損耗。根據 Ellis 等人對種子水分含量和儲藏壽命所做的迴歸曲線之一系列研究，可以發現其迴歸曲線以對數形式爲主(10,11,12,13)。本報告乃探討水稻、玉米、大豆等作物於國家作物種

原中心乾燥室內所得之含水率資料經 SAS 軟體分析乾燥後所得之種子含水率下降迴歸曲線，以做為推估這些作物種子入庫前調整至最適含水率時所須之乾燥日數。

一、水稻種子乾燥時間與含水率下降迴歸曲線之探討

水稻種子一般在日光下曝曬、乾燥可使種子水分含量下降至12—13%。這些材料經送至國家作物種原中心乾燥室後，在溫度18—20°C及相對濕度 8 —10%以下，水分含量呈對數曲線減少。由試驗結果得知，利用所有品種種子含水率下降情形與乾燥日數兩變因，可做成對數曲線，再將對數曲線轉換成直線方程式，則可發現各直線決定係數皆大於0.9（表 3 ）。因此進一步進行簡單直線迴歸方程式之檢定，結果雖然發現共同斜率之變方分析結果實測 F 值（45632.94）為極顯著，表示有共同斜率存在；但是在各品種斜率間實測 F 值（4.7540）亦為極顯著，卻顯示出此八條直線迴歸方程式並不完全平行，不能合併為共同斜率，故必須要先進行分群後才能將斜率合併（表 4 ）。所以，經過學生氏 t 值兩兩測得水稻品種臺秈 1 號、臺農秈糯 2 號、臺秈糯 2 號、臺梗糯 1 號、臺農選 2 號等斜率差異 t 值小於1.96或2.58（$\alpha=0.05$或0.01），可合併為共同斜率；另外，臺梗 4 號、臺農67號、臺農38號等為另一組（表 5 ）。依此分組歸類，顯然梗稻為一組，其餘秈稻、梗糯、秈糯、陸稻等為一組，其分組情形與百粒重無關而與種原分類和種子化學成分有關。此外，經過學生氏 t 值檢測亦可發現這兩群水稻品種間迴歸直線方程式之截距 t 值有顯著差異存在，這是因為這八批不同品種的水稻送進本中心時的種子起始含水率不同所導致（12.61～13.37%），而且目前並無適當的方法將種子起始含水率調適到完全相同。因此，採用將水稻種子起始含水率設定為12%時，所換算出的種子含水率和乾燥日數之迴歸直線方程式經過變方分析檢測其截距後，可發現迴歸曲線的截距亦可合併；故設定種子起始含水率為12%時，這兩群水稻品種可以將其換算過的種子含水率和乾燥日數之迴歸曲線分別合併。而此種因學生氏 t 值檢測其迴歸直線的截距有顯著差異而無法合併的現象，在採用設定一固定種子起始含水率（12%）之換算方法後可解決此一截距差異的問題，亦可同樣應用於大豆和玉米品種間種子含水率下降曲線的合併。根據上述斜率分群的結果，第一組之平均含水率下降迴歸方程式為 $y=9.1555-1.1898\ln(x)$，第二組之平均含水率下降迴歸方程式為 $y=9.5751-1.2581\ln(x)$，其中 y 為含水率值，x 為乾燥天數（圖 3 ，圖 4 ）。臺秈 1 號等之下降速率－1.1898，而臺梗 4 號等一組水分下降速率－1.2581，顯示梗稻之水分乾燥速率較秈稻、秈糯、梗糯及陸稻為快。由含水率下降預測曲線方程式可推估種子在乾燥室所需之乾燥日數推估方程式分別為：第一組 $x=e^{(y-9.1555)/-1.1893}-e^{(y_o-9.1555)/-1.1898}$；第二組為 $x=e^{(y-9.5751)/-1.2581}-e^{(y_o-9.5751)/-1.2581}$。以第一組曲線方程式為例，若初始含水率為12%，則下降到含水率 5 %需要22天；以第二組曲線方程式而言，初始含水率12%，則下降到含水率 5 %需要27天。此外，在先前為確定 8 種作物間含水率下降迴歸曲線的對數型式所作試驗中，亦可發現水稻品種臺農69號（梗稻）的含水率下降迴歸曲線 $y=12.139-2.0923\ln(x)$ 在採用上述試驗的直線斜率相等性檢定後和已被分群的梗稻品種之合併迴歸曲線 $y=9.5751-1.2581\ln(x)$，來做比較是略有差異地；這可能是因為種原中心乾燥室在先前 8 種不同作物的乾燥試驗過程中，初期機械運轉功能尚未完全發揮，除溼效果較差，此種現象在後來的試驗則已消失，故導致本應屬於同一群的含水率迴歸曲線的斜率間略有偏差出現；同時亦因起始含水率不同，故造成截距上有明顯差異出現。

二、玉米種子乾燥時間與含水率下降迴歸曲線的探討

玉米籽粒型態相當衆多，有馬齒種、硬粒種、甜玉米及糯性玉米等等。本次試驗僅就種原中心所保存之玉米種原較大宗者進行探討，其中有馬齒種、硬粒種、糯性，並將同種內不同籽粒大小分組予以調查（表 2 ）。依據試驗結果不同品種間種子水分下降曲線依然呈對數曲線迴歸，經轉換成直線方程式之後，直線決定係數高達0.9以上，顯示玉米種子水分含量下降曲線在種原中心乾燥室是符合對數曲線下降（表 3 ）。各樣品轉換後之直線迴歸方程式經斜率相等性檢定後判斷其各品種斜率間實測 F 值（0.4146）不顯著（表 4 ），顯示各品種斜率可合併為一共同斜率，並在設定種子起始含水率為

16%後所換算合併之方程式爲 y=11.302-1.7182ln(x)（圖 6）。此外，依上述合併方程式轉換爲水分含量與乾燥日數推估方程式爲 $x=e^{(y-11.302)/-1.7182}-e^{(y_0-11.302)/-1,7182}$。例如，假設初始含水率爲13%，下降至含水率爲6.5%需要16天。由此試驗結果顯示，玉米不論品種質地（糯性、非糯性）、籽粒大小（百粒重範圍由 16g～40g），其種子水分下降速率爲一致的。由此可推論，不同品種之玉米種子於本種原中心之乾燥室下，可應用此一方程式來預測種子乾燥至最適含水率時所需之乾燥日數。此外，在先前爲確定 8 種作物間含水率下降迴歸曲線的對數型式所作試驗中，亦可發現玉米品種臺南17號（單雜交品種，子粒淡黃，馬齒型）的含水率下降迴歸曲線 y=12.474-1.9139ln(x)，在採用上述試驗的斜率相等性檢定後和已被合併的玉米品種之平均迴歸曲線 y=11.302-1.7182ln(x) 是相同地，但在截距上的些微差異則是因起始含水率不同所致。

三、大豆種子乾燥時間與含水率下降迴歸曲線的探討

依據試驗結果，六品種經轉換之直線迴歸方程式判斷（種子起始含水率設定爲14%時），可獲得三群，第一群爲 90-F-3，方程式爲 y=9.4171-1.7004ln(x)（圖 9），第二群爲臺農 4 號、PI253663、112-1〔G02244〕及1391O.B.B. 等四品種，方程式爲 y=6.8808-1.1373ln(x)（圖 8），第三群爲 D-69-1423 品種，方程式爲 y=7.3667-0.6959ln(x)（圖10）。分群之原因推測是因百粒重差異所引起，因爲品種 90-F-3 和 D-69-1423 之百粒重分別爲 30.42g 和 3.56g，其餘品種之百粒重介於 6.71g～19.11g 間。此外，依據另一沒有正式列出之種子含水率下降試驗的結果，可知將大豆品種中青皮豆、琉球大豆、高雄選10號、臺農15號及臺農 4 號（百粒重 5.5g～18.59g）所得試驗結果經轉換其直線方程式後之種子水分下降迴歸曲線亦可和第二群共用。所以，由大豆這兩次試驗結果可推測，大豆籽粒百粒重在 19.11g 以上，其水分下降曲線應可適用第一群之結果，在 5.5g～19.11g 間適用第二群之結果，而 5.5g 以下則應適用第三群之結果。此外，依上述三群之推估水分乾燥所需日數方程式分別爲第一群 $x=e^{(y-9.4171)/-1.7004}-e^{(y_0-9.4171)/-1.7004}$；第二群 $x=e^{(y-6.8808)/-1.1373}-e^{(y_0-6.8808)/-1.1373}$；第三群爲 $x=e^{(y-7.3667)/-0.6959}-e^{(y_0-7.3667)/-0.6959}$。舉例而言，若第一群之起始含水率爲13%，經乾燥到4.5%需時17天；第二群需時 8 天；但是，第三群卻需超過30天以上 ，這可能是此一大豆品種的種皮較堅硬所導致，故應爲硬粒種。此外，在先前爲確定 8 種作物間含水率下降迴歸曲線的對數型式所作試驗中，亦可發現大豆品種臺農 4 號的含水率下降迴歸曲線 y=11.224-2.405ln(x) 在採用上述試驗的直線斜率相等性檢定後和已被分群的大豆品種之合併迴歸曲線（包含臺農 4 號等四品種）y=6.8808-1.1373ln(x) 來做比較是有明顯差異；這可能是因爲種原中心乾燥室在先前 8 種不同作物的乾燥試驗過程中，因初期機械運轉功能尚未完全發揮，除溼效果較差，此種現象在後面的試驗則已消失之故。

綜合言之，爲避免破壞性的含水率測定法所造成珍貴種原的損耗，採用種子含水率下降迴歸曲線來預測種子乾燥至最適含水率（5～6.5%）的乾燥日數，乃是一應用於國家作物種原中心乾燥室作業流程中確實可行的方法。同時，由於本研究只針對種原中心中大宗作物種子一水稻、玉米和大豆來做分析。因此，其他作物若有需要，亦可採行相同分析模式來求得其種子含水率下降迴歸曲線。

誌　　謝

本研究承蒙行政院農業委員會補助經費（87一科技一1.2一糧一24），試驗期間承國立臺灣大學農藝學系沈明來教授提供相關的統計分析程式及指導，特此誌謝。

引用文獻

1. 沈明來。1994。試驗設計學。第十八章，迴歸分析。383—473頁。九州圖書出版公司。臺北。臺灣。
2. 林俊義、范明仁、黃宜玫。1996。中華民國作物種原簡訊。第一卷，第一期。

3. 陳加忠、吳瑞香。1995。不同貯存環境下種子活力預測模式。臺灣之種苗。第23期（9—10月）：8—17。
4. 郭華仁。1984。種子的壽命及其預測。科學農業32（11—12）：361—369。
5. Christina, W.V. and E. E. Roos. 1990. Theoretical basis of protocols for seed storage. Plant Physiology, 94:1019-1023.
6. Christina, W.V. and E.E. Roos. 1993. Theoretical basis of protocols for seed storage II. The influence of temperature on optimal moisture levels. Seed Science Research, 3:201-213.
7. Christina, W.V., E.E. Roos and Jennifer Crane. 1994. Theoretical Basis of protocols III. Optimum moisture contents for pea seeds stored at different temperature. Annals of Botany, 74:531-540.
8. Ediun, J. 1967. Preservation of seed stocks. Advance in agronomy, 19:87-106.
9. Ellis, R.H. and E.H. Roberts. 1980. Improved equations for the prediction of seed longevity. Annals of Botany, 45:13-30.
10. Ellis, R.H., T.D. Hong and E.H. Roberts. 1986. Logarithmic relationship between moisture content and longevity in sesame seeds. Annals of Botany, 57:499-503.
11. Ellis, R.H., T.D. Hong and E.H. Roberts. 1988. A low－moisture－content limit to logarithmic relations between seed moisture content and longevity. Annals of Botany, 61:405-408.
12. Ellis, R.H., T.D. Hong and E.H. Roberts. 1989. A comparison of the low－moisture－ content limit to the logarithmic relation between seed moisture and longevity in twelve species. Annals of Botany, 63:601-611.
13. Ellis, R.H., T.D. Hong, E.H. Roberts and K.L. Tao. 1990. Low moisture content limits to relations between seed longevity and moisture. Annals of Botanny,60:493-504.
14. International Board of Plant Genetic Resources. 1978. Report of IBPGR working group on engineering, design and cost aspects of long－term seed storage facilities. IBPGR, Rome.
15. IBPGR. 1985.procedures for handling seeds in genebanks. Practical Manuals for Genebanks, No.1. IBPGR, Rome.
16. King, M.W. and E.W. Roberts. 1980. Maintenance of recalcitrant seeds in storage. In(H.F. Chin and E. H. Roberts eds.)Recalcitrant Crop Seeds. Tropical Press, Kuala Lumpur, pp:53-59.
17. Pritchard, H.W. 1991. Water potential and embryonic axis viability in recalcitrant seeds of *Quercus rubra*. Annals of Botany, 67:43-49.
18. Probert, R.J. and P.L. Longley. 1989. Recalcitrant seed storage physiology in three aquatic grasses. Annals of Botany, 63:53-63.
19. Roberts, E.H. 1960. The viability of cereal seed in relation to temperature and moisture. Annals of Botany, 24:12-31.
20. Roberts, E.H. and R.H. Ellis. 1989. Water and seed survival. Annals of Botany,63:39-52.

Studies on the Reducing Ratio of Seed Moisture Content in the Dry Room of NPGRC[1]

Ming-Jen Fan, Chiu-Kai Wey, Ting-Rong Shu and I-Mei Huang[2]

Summary

Eight crops of species, including rice, corn, soybean, peanut, sesbania, rape, carpetgrass and sesame, were used to conduct the conjecture of the reducing curve model of seed moisture content in the seed drying room of NPGRC of TARI(T:18～20°C, RH:8～10%). We found that the regression curves using logarithmic equation ($y=a+b\ln(x)$;x:treatment duration in days, y: seed moisture content, a: intercept, b: regression coefficient)were very significantly related to the regression coefficients of the actually investigated curves and these coefficients of determination (R^2) were higher than 0.8. The results indicated it to be correct that the reducing ratio of seed moisture content in the drying room of NPGRC can be estimated by the logarithmic model of regression curves.

In addition, we also used 3 crops as experimental materials, containing rice, corn and soybean, which represented the most numerous accessions stored in NPGRC. The purposes of this experiment were to appraise the logarithmic regression curves of seed moisture content and to examine these regression curves among varieties of the same crop to see whether different varieties of a crop can be combined to an average regression curve or not.

According to the results, when the moisture content of treated seed is 12%, the test varieties of rice, including Indica－type rice, glutinous Indica-type rice of long shape, glutinous Indica－type rice of round shape, glutinous Japonica－type rice and upland rice, could be combined to be a regression curve of seed moisture content: $y=9.1555-1.1898\ln(x)$, $R^2=0.9826$. Another combined regression curve of seed moisture content, $y=9.5751-1.2581\ln(x)$, $R^2=0.9912$, was composed of Japonica-type rice. Consequently, the question of whether their regression curves can be combined is related to Japanica type or Indica type or their seed chemical component.

The test varieties of corn used in the assay, the moisture content of seed could combine to be a regression curve as follow: $y=11.302-1.7182\ln(x)$, $R^2=0.9807$(i.m.c.=16%). Thus, the moisture content reducing ratio of different varieties of corn appears to be the same. In the test varieties of soybean, which the 100-grain weight are 5.50g to 19.11g could combine to be treated as a group and the regression curve of seed moisture content is: y=6.8808-1.1373

ln(x), R^2=0.9061(i.m.c.=14%). The variety of 100-grain weight under 5.50g had its own reducing regression curve of seed moisture content: y=7.3667-0.6959 ln(x), R^2=0.8439.

In addition, the variety of 100-grain weight above 19.11g also formed to be another own reducing regression curve of seed moisture content: y=9.4171-1.7004 ln(x), R^2=0.9376. Therefore, 100-grain weight of seeds of soybean varieties shall influence whether these reducing regression curves of seed moisture content can be combined or not.

Key words: Rice, Corn, Soybean, Seed moisture content, The drying room, Reducing regression curve of seed moisture content.

---

1. Contribution No. 1928 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Research Fellow and Head, Assistant, Engaged Technician, and Employed Member, National Plant Genetic Resources Center, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.